

AW

10/517,808

**Capacitive acceleration sensor element of differential capacitor type**

**Patent number:** DE19709520  
**Publication date:** 1998-09-17  
**Inventor:** PRITZKE BERND DIPL ING (DE); SCHRECKENBACH  
WOLFGANG DR (DE); ZIELKE DIRK DR (DE)  
**Applicant:** GEMAC GES FUER MIKROELEKTRONIK (DE)  
**Classification:**  
- **International:** H01L49/00; G01P15/125  
- **European:** G01C9/00; G01P15/125  
**Application number:** DE19971009520 19970310  
**Priority number(s):** DE19971009520 19970310

**Report a data error here****Abstract of DE19709520**

The sensor element consists of two glass plates (Glas1,Glas2) with metallised electrode arrangements and a spring-mass system designed using silicon micro-engineering. A seismic mass is suspended by two spring strips running parallel to the side edges and offset from each other in the z-direction. Angled openings open into the region of the connecting structures, for the spatial distribution of the connection surfaces, and using trenches and perforations etched in the silicon part. Connection contacts (10,11) are interleaved on the wafer, for the use of the connection surfaces by adjacent sensor elements.

.....  
Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

AW



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 09 520 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>.  
**H 01 L 49/00**  
G 01 P 15/125

⑲ Aktenzeichen: 197 09 520.8  
⑳ Anmeldetag: 10. 3. 97  
㉓ Offenlegungstag: 17. 9. 98

DE 197 09 520 A 1

⑦① Anmelder:  
Gemac - Gesellschaft für  
Mikroelektronikanwendung Chemnitz mbH, 09113  
Chemnitz, DE  
  
⑦④ Vertreter:  
Seerig & Hübner, 09111 Chemnitz

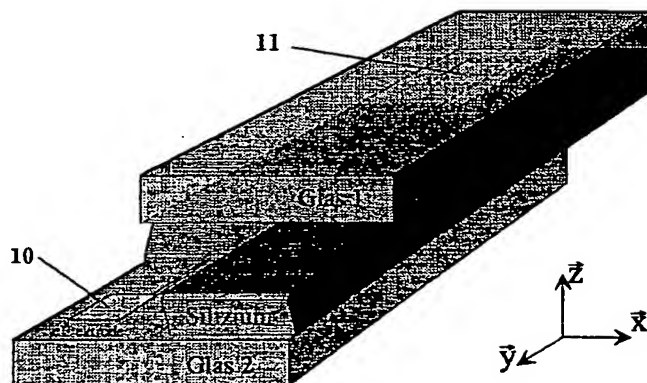
⑦② Erfinder:  
Pritzke, Bernd, Dipl.-Ing., 09130 Chemnitz, DE;  
Schreckenbach, Wolfgang, Dr., 09116 Chemnitz,  
DE; Zielke, Dirk, Dr., 09113 Chemnitz, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Kapazitives Beschleunigungssensor-Element

⑤⑦ Aufgabe der Erfindung ist es, ein Sensorelement zu entwickeln, das bei hoher Empfindlichkeit bezüglich der zu messenden Beschleunigung oder Neigung minimale Abmessungen im funktionellen Teil und in den Anschlußstrukturen aufweist.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst durch ein kapazitives Beschleunigungssensor-Element in Form eines Differentialkondensators bestehend aus zwei Glasplatten mit metallisierten Elektrodenanordnungen und einem in Si-Mikromechanik ausgeführten Feder-Masse-System, bei dem die seismische Masse durch zwei parallel zu den Seitenkanten verlaufende und in Z-Richtung zueinander versetzte Federbänder aufgehängt ist, bei dem im Bereich der Anschlußstrukturen zur räumlichen Teilung der Anschlußflächen mittels in das Si-Teil eingeätzter Gräben und Perforationen winkelförmige Brüche initiiert werden und bei dem zur Nutzung der Anschlußflächen durch benachbarte Sensorelemente deren Anschlußkontakte ineinander verschachtelt auf dem Wafer angeordnet sind. Die Erfindung betrifft ein kapazitives Beschleunigungssensor-Element unter Verwendung von Si- bzw. Glaswafern, insbesondere zur Verwendung bei Neigungsmessungen.



DE 197 09 520 A 1

Die Erfindung betrifft ein kapazitives Beschleunigungssensor-Element unter Verwendung von Si- bzw. Glaswafern, insbesondere zur Verwendung bei Neigungsmessungen.

Für die breite Einführung mikromechanischer Sensoren sind geringe Fertigungskosten die Voraussetzung. Diese Fertigungskosten sind indirekt proportional dem Flächenbedarf der Sensoren auf den Si- bzw. Glaswafern, da sich der Aufwand für die erforderlichen Fertigungsschritte auf um so mehr Sensoren aufteilt, je mehr Sensoren auf einem Wafer platziert werden können.

Sensoren in Bulk-Mikromechanik haben sensitiv wirkende Strukturen (Membranen, Spalte, Federn. . .) mit Abmessungen im  $\mu\text{m}$ -Bereich, der funktionelle Teil solcher Sensoren (Druck-, Beschleunigung, . . .) wird im Allgemeinen mit Flächen von  $1\text{ mm} \times 1\text{ mm}$  bis  $10\text{ mm} \times 10\text{ mm}$  realisiert. Durch die notwendigen Anschlußstrukturen werden zusätzliche Flächen in Größenordnung von 50 bis 80% des funktionell notwendigen Teils in Anspruch genommen.

Der Beschleunigungssensor ist ein Differentialkondensator mit beschleunigungsabhängiger Kapazität. Dieser Kondensator wird gebildet von einem Feder-Masse-System aus Silizium mit einer über Si-Federn elastisch aufgehängten seismischen Masse als bewegliche Mittelelektrode des Differentialkondensators und zwei Glasplatten mit metallisierten Belägen als die beiden Festelektroden.

Das Feder-Masse-System ist eine in X- und Y- Richtung rechteckige Struktur. In Z-Richtung ist die maximale Ausdehnung durch die Dicke der unbearbeiteten Si-Scheibe gegeben.

In der Dissertation zum Thema "Entwicklung und Untersuchung eines mikromechanisch gefertigten Beschleunigungssensors mit Kraftkompensation", veröffentlicht 1993 in Reihe 8, Nr. 341 beim VDI Verlag, wird eine Systematik der Gestaltungsvarianten für die Federaufhängung von Beschleunigungssensoren gegeben. Mäander oder Winkelradkonstruktionen bringen zwar weiche Federn, aber benötigen viel Fläche. Zu dem sind zur Erreichung einer stabilen parallelen Auslenkung der seismischen Masse 4 oder 2 mal 4 Federn übereinander angeordnet. Solche Anordnungen sind auch in DE 39 22 476 A1 und DE 44 26 590 A1 beschrieben. Durch die jeweils paarweise an der in Z-Richtung Ober- und Unterseite angeordneten Federn werden diese Systeme jedoch relativ steif, also weniger empfindlich bezüglich der Meßgröße. Außerdem ist die Herstellung kompliziert.

Es ist auch Stand der Technik, die in einem Verbundstapel aus mehreren Si- und/oder Glaswafern angeordneten mikromechanischen Sensorelemente durch Kombination von Sägeschnitten und gezieltes Brechen prozeßgerecht zu vereinzeln. Dazu werden mit einer Diamantsäge Schnitte in X- und Y-Richtung über den Verbundstapel geführt. In der einen Richtung (X) sind das normale Durchschnitte, in der anderen (Y)-Richtung werden mit der Schnittführung die Voraussetzungen für das Freilegen der Anschlußstrukturen geschaffen.

Bei Sensoren, die als Verbund aus zwei Außenplatten aus Glas und einer Mittelplatte aus Silizium bestehen, liegen die metallisierten Anschlußkontakte des Sensorelementes im Allgemeinen auf der Innenseite der einen Glasplatte. Das Freilegen erfolgt durch Entfernen der diese Strukturen abdeckenden Si-Platte und der zweiten Glasplatte. In DE 42 01 104 A1 wird dazu ein Verfahren beschrieben, bei dem durch Einschnneiden und anschließendes Brechen die einzelnen Sensorelemente aus dem Waferversand getrennt und die Anschlußstrukturen freigelegt werden. Mit den entfernten Si- und Glasschichten geht wertvolle Waferfläche

ungenutzt verloren.

Letztlich ist auch bekannt, zur Unterstützung des Vereinzelns der Sensorelemente mittels ätzen Gräben in Richtung der Sägeschnitte in Si-Wafer einzubringen. Ein solches Verfahren wird in DE 41 32 232 A1 beschrieben. Es handelt sich dort jedoch um durchgehende Gräben in Richtung der Sägeschnitte, die dazu dienen, die notwendige Justiertoleranz für das Sägen zu verringern und Sensorelemente mit exakt identischen Abmessungen aus Gründen der Parasitärkapazität herzustellen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Sensorelement zu entwickeln, das bei hoher Empfindlichkeit bezüglich der zu messenden Beschleunigung oder Neigung minimale Abmessungen im funktionellen Teil und in den Anschlußstrukturen aufweist.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmale des Hauptanspruchs gelöst. Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen dargestellt.

Die Vorteile der Erfindung bestehen darin, daß die Sensorelemente auf dem Wafer in der Weise flächensparend angeordnet sind, daß die Anschlußstrukturen benachbarter Sensoren ineinander verschachtelt sind und die Anschlußflächen, deren Ausdehnung in X-Richtung durch die Größe der Anschlußkontakte einschließlich notwendiger Sicherheitsabstände vorgegeben sind, in Y- und Z-Richtung geteilt werden. Somit kann die benötigte Waferfläche von zwei Sensoren genutzt werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in einer Zeichnung in vereinfachter Weise dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1: eine schematische Darstellung eines Feder-Masse-Systems,

Fig. 2: die Schnittdarstellung eines vollständigen Beschleunigungssensor-Elementes und

Fig. 3: die schematische Darstellung eines Beschleunigungssensor-Elementes.

Fig. 1 zeigt die Draufsicht auf ein Feder-Masse-System, das zwischen einer ersten Glasplatte, Glas 1, und einer zweiten Glasplatte, Glas 2, (Fig. 2 und 3) angeordnet ist. Zusammen stellen Glas 1, Glas 2 und das Feder-Masse-System einen Differentialkondensator mit beschleunigungsabhängiger Kapazität dar. Dieser Kondensator wird gebildet von einem Feder-Masse-System aus Silizium mit einer über zwei Si-Federbänder 3 und 4 elastisch aufgehängten seismischen Masse 5 als bewegliche Mittelelektrode des Differentialkondensators und den zwei Glasplatten, Glas 1 und Glas 2, mit metallisierten Belägen als die beiden Festelektroden.

Das Feder-Masse-System ist eine in X- und Y- Richtung rechteckige Struktur. In Z-Richtung ist die maximale Ausdehnung durch die Dicke der unbearbeiteten Si-Scheibe gegeben.

Die Gestaltung des Feder-Masse Systems mit hoher Meßempfindlichkeit erfolgt dadurch flächensparend, daß die Verbindung zwischen der beweglichen seismischen Masse 5 und dem feststehenden Rahmen über die zwei parallel zu den Seitenkanten der seismischen Masse 5 verlaufenden, in Z-Richtung zueinander versetzte Federbänder 3 und 4 erfolgt. Die Federbänder 3 und 4 sind außerhalb der Massenzentren der seismischen Masse 5 bezüglich der drei Achsen befestigt. Sie verlaufen von der Unterseite des Rahmens zur Unterseite der seismischen Masse 5 auf der einen Längsseite und von der Oberseite des Rahmens zur Oberseite der seismischen Masse 5 auf der gegenüberliegenden Längsseite. Auf diese Weise ist die seismische Masse 5 räumlich diagonal am Rahmen aufgehängt. Dadurch wird bei Einwirken des Nutzsignals eine parallele Auslenkung der seismischen Masse 5 zu Rahmen und Gegenelektroden erreicht. Das gilt auch bei einer periodischen Einwirkung

des Nutzsignals mit einer Frequenz bis zur zweiten Eigenschwingungsform. Die Federbänder 3 und 4 werden bei Einwirkung des Nutzsignals, also bei Beschleunigung durch die Kraftwirkung der seismischen Masse 5, nur auf Biegung und nicht auf Zug beansprucht, was trotz hoher Meßempfindlichkeit die Gestaltung kurzer Federn ermöglicht. In der erfindungsgemäßen Lösung werden also die positiven Eigenschaften vom "Pendel" (raumsparend, wenige Federn, Unempfindlichkeit gegenüber Querstoß) und der "Polygonfeder" oder zweifach übereinander liegenden Federn (Auslenkung der seismischen Masse parallel zum Rahmen) vereint.

Im Ausführungsbeispiel verbinden das erste Federband 3 die Unterseite des Rahmens mit der Unterseite der seismischen Masse 5 auf der einen Längsseite und das zweite Federband 4 die Oberseite des Rahmens mit der Oberseite der seismischen Masse 5 auf der gegenüberliegenden Längsseite.

Die Federbänder 3 und 4 sind, bereits dargestellt, außerhalb der Massenmittelpunkte der seismischen Masse 5 bezüglich der drei Achsen befestigt.

Die Sensoren sind in einer Weise aus dem Wafer angeordnet, daß die Anschlußstrukturen benachbarter Sensoren ineinander verschachtelt sind. Beim Vereinzeln der Sensoren werden durch einen speziellen räumlichen Bruchverlauf die Anschlußstrukturen in X- und Z-Richtung geteilt und benachbarten Sensorelementen zugeordnet. Dazu ist es erforderlich, dargestellt in Fig. 2, daß in jeder Anschlußstruktur zusätzlich zu den durch Sägeschnitte 6 und 7 initiierten Brüchen ein zusätzlicher winkelförmiger Bruch initiiert wird. Dafür werden bei jedem Sensorelement im Bereich der Anschlußstrukturen zwei nutartige Durchbrüche 8 und 9 (Perforationen) in X-Richtung sowie Gräben in Y-Richtung in das Si geätzt. Es wird also durch Silizium-Strukturen eine spezielle Bruchgeometrie im Anschlußbereich vorgeben, die in Verbindung mit dem Einschneiden der Glaswafer zur Trennung der ineinander verschachtelten Sensorelemente führt.

Im Ausführungsbeispiel sind bei jedem Sensorelement metallisierte Anschlußkontakte 10 und 11 (Fig. 2 und 3) der beiden äußeren Elektroden 12 und 13 (Fig. 2) des Differentialkondensators links und rechts vom Feder-Masse-System nach außen auf die Anschlußflächen gezogen. Das Feder-Masse-System als bewegliche mittlere Kondensatorplatte wird direkt am Silizium kontaktiert.

Zum Vereinzeln der Sensorelemente werden parallele Sägeschnitte in X- und Y-Richtung mit einer Diamantsäge über den Waferverbund geführt. Das sind in X-Richtung durch alle drei Schichten durchgehende Schnitte, in Y-Richtung werden von Glas 1 und Glas 2 aus Schnitte in das Glas ausgeführt. Beim anschließenden Brechen werden auf jeder der beiden Anschlußflächen des Sensorelementes durch Abbrechen einer Glasschicht und der Si-Schicht die auf der anderen Glasschicht liegenden metallisierten Anschlußkontakte freigelegt. Durch den räumlich winkelförmigen Bruchverlauf wird dabei jede Anschlußfläche in X- und Z-Richtung geteilt.

Bei der in Fig. 2 linken Anschlußfläche werden in der in Y-Richtung oberen Hälfte (Draufsicht Schnittdarstellung A-A') Glas 2 und Si abgebrochen. Es verbleibt Glas 1. Damit wird der auf Glas 1 liegende metallisierte Anschlußkontakt 10 des dargestellten Sensorelementes freigelegt. Auf der in Y-Richtung unteren Hälfte der Anschlußfläche hingegen werden Glas 1 und Si abgebrochen, Glas 2 verbleibt, das den Anschlußkontakt des links benachbarten Sensorelementes trägt. Auf der in Fig. 2 rechten Anschlußfläche liegen die Verhältnisse umgekehrt, so daß der auf Glas 2 liegende Anschlußkontakt 11 des dargestellten Sensorelementes zu-

gänglich wird.

Die elektrisch leitfähige Montage des Sensorelementes auf einem Trägersubstrat erfolgt auf einer Schmalseite (YZ-Ebene) stehend, wobei die Anschlußkontakte dem Träger zugewandt sind, veranschaulicht in Fig. 3.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Glas
- 2 Glas
- 3 Si-Federbänder
- 4 Si-Federbänder
- 5 seismischen Masse
- 6 Sägeschnitte
- 7 Sägeschnitte
- 8 nutartiger Durchbruch
- 9 nutartiger Durchbruch
- 10 Anschlußkontakt
- 11 Anschlußkontakt
- 12 äußeren Elektrode
- 13 äußeren Elektrode

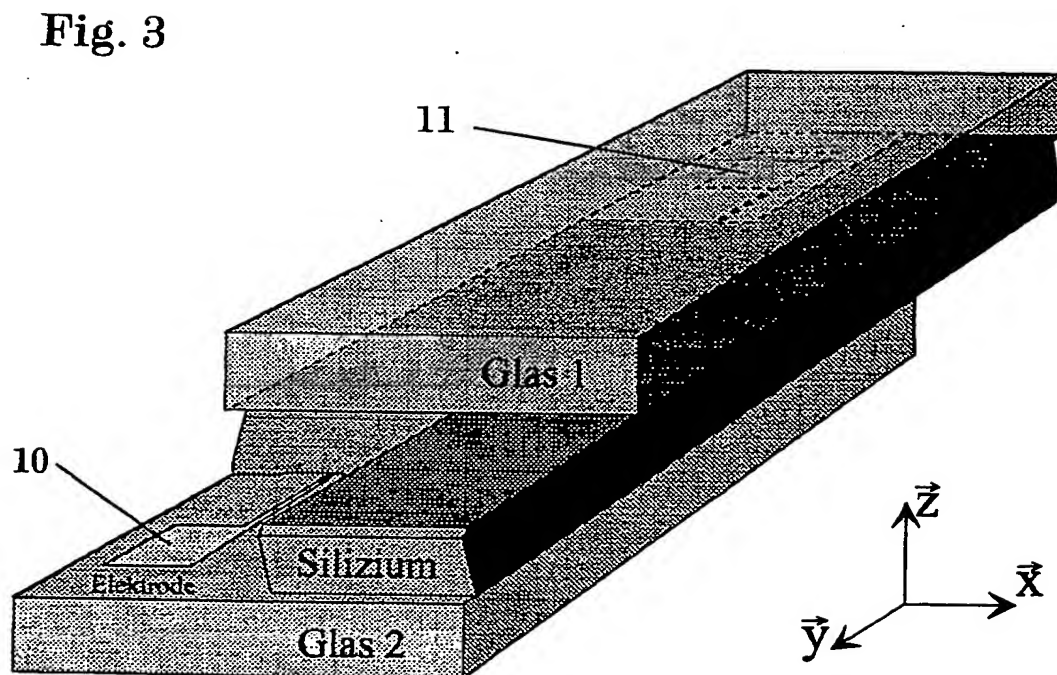
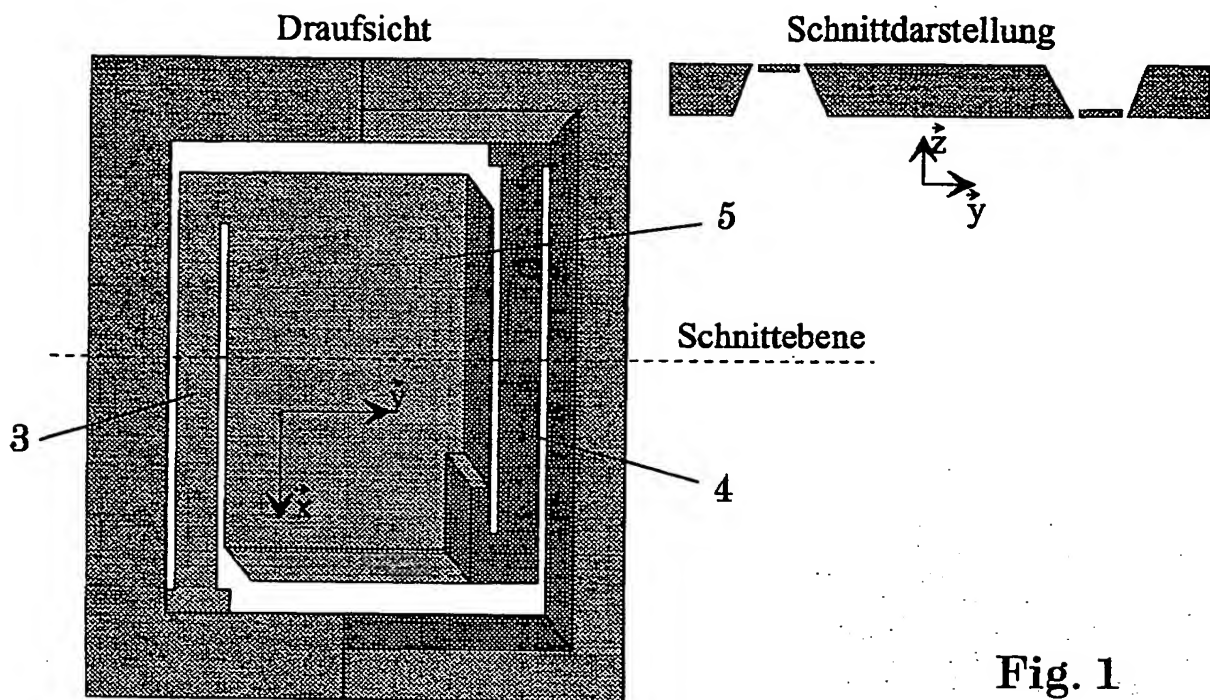
#### Patentansprüche

1. Kapazitives Beschleunigungssensor-Element in Form eines Differentialkondensators bestehend aus zwei Glasplatten mit metallisierten Elektrodenanordnungen und einem in Si-Mikromechanik ausgeführten Feder-Masse-System, bei dem die seismische Masse (5) durch zwei parallel zu den Seitenkanten verlaufende und in Z-Richtung zueinander versetzte Federbänder (3; 4) aufgehängt ist, bei dem im Bereich der Anschlußstrukturen zur räumlichen Teilung der Anschlußflächen mittels in das Si-Teil eingätzter Gräben und Perforationen winkelförmige Brüche initiiert werden und bei dem zur Nutzung der Anschlußflächen durch benachbarte Sensorelemente deren Anschlußkontakte (10; 11) ineinander verschachtelt auf dem Wafer angeordnet sind.
2. Kapazitives Beschleunigungssensor-Element nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Anschluß der mittleren Kondensatorplatte direkt am Si erfolgt.
3. Kapazitives Beschleunigungssensor-Element nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrisch leitfähige Montage des Sensorelementes auf einem Trägersubstrat auf einer Schmalseite (YZ-Ebene) stehend erfolgt, wobei die Anschlußkontakte dem Träger zugewandt sind.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---



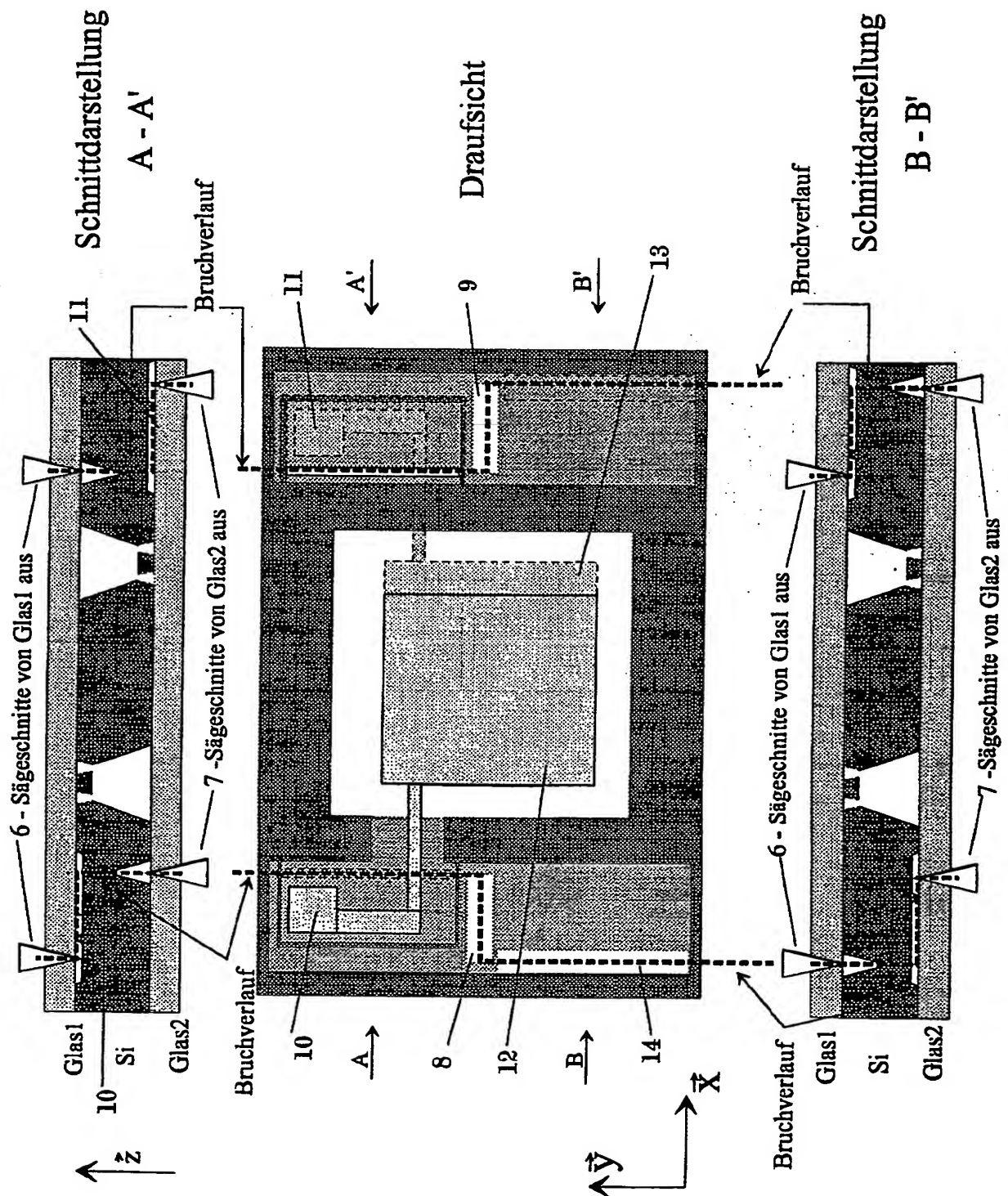


Fig. 2